

3. 田中 栄：第 18 回日本整形外科学会
基礎学術集会（2003.10.16-17） 小
倉 シンポジウム 1 関節軟骨変性
の分子メカニズムから治療へ 「遺伝
子導入を用いた軟骨再生」

4. Murakami T., Narita N., Nakagaki
H., Shibata T., Goshima M.,
Robinson C.: Influence of tea
beverage consumption on fluoride
intake in Japanese pre-school
children. Caries Research, 37:292
2003.(50th ORCA Congress,
Konstanz, Deutschland)

厚生科学研究費補助金（医療技術評価総合研究事業）

分担研究報告書

フッ化物の栄養所要量と健康

分担研究者 高江洲義矩 東京歯科大学 名誉教授

分担研究者 西牟田 守 国立健康栄養研究所 室長

分担研究者 田中 栄 東京大学医学部附属病院整形外科 講師

分担研究者 古賀 寛 東京歯科大学衛生学講座 助手

研究要旨：平成 15 年度における Project-1 の研究課題は「全身の健康とフッ化物」、「歯のフッ素症の鑑別診断」「フッ化物の栄養所要量」および水道水フッ化物添加法に関する研究である。分担研究者と協力研究者は 10 グループに分かれて、主題目としてはこれらを「フッ化物の栄養所要量」とした。それぞれの研究報告は、全身の健康とフッ化物；(1)フッ化物の骨形成作用の分子メカニズム解明に向けて、(2)ラット骨髄由来細胞の骨芽細胞分化へのフッ化物の影響、(3)成人歯肉由来細胞におけるフッ素の細胞膜通過性、一歯のフッ素症鑑別；(4)歯のフッ素症の鑑別診断の可能性、(5)歯のフッ素症および非フッ素症エナメル斑、う蝕などの口腔内写真を使った審美性評価研究、フッ化物の栄養所要量；(6)乳児のフッ化物摂取量評価—飲料水フッ化物濃度別試算—、(7) 幼児における食事からのフッ化物摂取量—文献値から見る水道水フッ化物濃度とフッ化物摂取および水道水フッ化物濃度によるフッ化物摂取量の試算、(8) 飲料水中フッ化物濃度が低濃度および中等度(約 0.6ppm)地域におけるう蝕有病状況・歯のフッ素症発現状況および食事からのフッ化物摂取量（陰膳食法による）、(9)日本人におけるフッ化物摂取の文献的考察、(10)換気式微量拡散法による食品中フッ化物濃度測定（第 2 報）、である。10 ヶ月間の研究成果をまとめて、「フッ化物の栄養所要量」の基礎的資料が得ることができ、栄養所要量策定の評価基準が浮き彫りにされた。

A. 研究目的

本研究は、Project-1 として、「フッ化物の栄養所要量」と「全身の健康とフッ化物」および「歯のフッ素症の鑑別診断」についての報告内容である。フッ化物 (fluoride) は天然に遍く存在する微量元素としてのフッ素 (fluorine) の栄養素としての形態であるが、齲蝕予防方法としてのフッ化物応用は、半世紀以上にわたっ

て世界的に普及している予防手段の一方法である。そして、フッ化物応用の普及と共に、永久歯の歯の形成期に飲料水および食品から摂取されるフッ化物に加えて、齲蝕予防手段として用いられるフッ化物が生体へ取り込まれることによる影響について生命科学のおよび疫学的手法での究明が進展してきている。つまり、歯の形成期に過剰のフッ化物が摂取され

ると、歯のフッ素症 dental fluorosis の発現がみられることから、公衆衛生的な施策としては「できるだけ歯のフッ素症の発現を抑えて、かつ最大の齲蝕予防効果を発揮する」ことが、基本的な重要な課題となっている。

このような使命に呼応して、本研究はわが国におけるフッ化物摂取の実態を調査解析し、さらに、厚生労働省の「日本人の栄養所要量—食事摂取基準—」における推奨栄養所要量（recommended dietary allowance：RDA）に関する摂取基準設定のための基礎データと上限摂取許容量に関連する「歯のフッ素症の鑑別診断」そして、それらの成果に基づいたわが国における水道水フッ化物添加法および水道水フッ化物濃度調整法の実施に伴う生命科学的基盤を確立することにある。

B. 研究方法

本研究班は、次ぎのそれぞれの研究課題を分担して行われた。

全身の健康とフッ化物としては、次の3課題の研究である。

(1) フッ化物の骨形成作用の分子メカニズム解明に向けて

フッ化物の骨芽細胞に対する効果を細胞内シグナルシグナルという観点から文献検索を行い、9文献をレビューした。

(2) ラット骨髄由来細胞の骨芽細胞分化へのフッ化物の影響

根岸らの初代培養ラット骨髄由来細胞(RBMC)を用い、極低濃度から高濃度フッ化物(1nM-1MNaF)添加培養を行い、当該細胞の増殖活性をDNA量、分化活性をALPase活性にて評価した。

(3) 成人歯肉由来細胞におけるフッ素の細胞膜通過性

成人歯肉より分離した繊維芽細胞を用いてフッ化物濃度 1-50ppm 添加・24 時間培養した。培養液と細胞のフッ化物濃度を定量して細胞内外の濃度差で通過性を評価した。

(4) 歯のフッ素症の鑑別診断の可能性

栄養所要量との関連できわめて重要となる「歯のフッ素症」診断基準が種々使用されているために国内外の調査結果を疫学的に比較検討することが困難になりつつある。この診断基準の規格化とその評価は、早急に取り組まなければならない課題である。各種エナメル斑を、デジタルカメラを用いて画像解析を試みた。

(5) 歯のフッ素症および非フッ素症エナメル斑、う蝕などの口腔内写真を使った審美性評価研究

歯のフッ素症の Normal から Severe までの各グレード、およびフッ化物以外の原因によるエナメル斑各種、ならびに未処置う蝕、う蝕処置歯の等倍写真 25 枚を使って、審美評価テストを行った。

次の(6)から(10)はフッ化物摂取に関する報告である。

(6) 乳児のフッ化物摂取量評価—水道水フッ化物濃度別試算—

水道水フッ化物濃度別の乳児期の一日フッ化物摂取量の試算を行った。母乳(0.01ppm)、水道水フッ化物濃度は、0.6 および 0.8ppm として試算した。

(7) 幼児における食事からのフッ化物摂取量および水道水フッ化物濃度によるフッ化物摂取量の試算

文献値による水道水フッ化物濃度と食事からのフッ化物摂取量、飲料水中フッ

化物濃度の違いによるフッ化物摂取量の試算を行った。

(8) 飲料水中フッ化物濃度が低濃度および中等度(約 0.6ppm)地域におけるう蝕有病状況・歯のフッ素症発現状況および食事からのフッ化物摂取量(陰膳食法)

天然フッ化物地区、非フッ化物地区におけるう蝕有病者を飲料水フッ化物濃度と他の要因に関係のある歯科保健行動を説明変数として解析した。

(9) 日本人における飲食物からのフッ化物摂取に関する文献的考察

わが国の飲食物からのフッ化物摂取量に関する報告 28 文献について年齢、食品のサンプルリング法、フッ化物定量方法などの項目別に整理して総括した。

(10) 喚起式微量拡散法による食品中フッ化物濃度測定(第 2 報)

食品や生体試料中のフッ化物定量法として換気式微量拡散によるフッ化物分離法を開発したが、今回は装置の自動化とその有用性を検討した。

C. 研究成果

(1) 全身の健康とフッ化物：フッ化物の骨形成作用の分子メカニズム解明に向けて

フッ化物の *in vitro* での骨芽細胞増殖促進効果のユニークな特徴は、1) 非常に低容量で効果を示すこと、2) 未分化な osteoprogenitor や骨芽細胞に特異的であること、3) Insulin-like growth factor などの成長因子の存在が必要であること、4) 培養液中のリン濃度に依存すること、5) 細胞内のチロシンリン酸化を誘導すること、などである。そして、フッ化物の骨芽細胞へのアナボリック作用の分子メカ

ニズムについて、次の可能性が示されている。

① チロシンホスファターゼの抑制；

細胞の増殖はさまざまな細胞内情報伝達系によって調節されているが、そのもっとも重要な pathway のひとつが Ras-MAP キナーゼ系である。これは低分子量 GTP 結合蛋白である Ras がさまざまな受容体型チロシンキナーゼによって活性化され、その下流で Raf-MEK-ERK という MAP キナーゼ系を活性化し、細胞の増殖・分化を促進する情報伝達系である。チロシンキナーゼの活性化はみずからのチロシン残基をリン酸化することによっておこるが、チロシンホスファターゼは受容体活性化に対して negative な調節を行う。したがってチロシンホスファターゼの抑制は受容体の持続的な活性化を誘導し、その下流で MAP キナーゼをはじめとするさまざまな細胞内情報伝達系を活性化し、細胞増殖を誘導すると考えられる。

② Gi/o ; フッ化物は fluoroaluminium complex (AlF₄) を形成することで細胞に作用し、細胞内の Gi/o を活性化する可能性が示唆されている。その根拠としては、フッ化物の骨芽細胞増殖作用には mM レベルのアルミニウムが必要であること、AlF₄の骨芽細胞増殖作用は Gi/o の阻害物質である百日咳毒素によって完全に抑制されること、をあげている。Gi/o はその下流で MAP キナーゼの活性化を誘導し、骨芽細胞増殖促進効果を発揮すると考えられている。

③その他には、Kawase らはフッ化物が 3 量体 G タンパクを活性化し、protein kinase C を活性化し、細胞増殖を促進する可能性を報告している。また Reed らは

フッ化物が TGF-1 に対する細胞の感受性を変化させることを報告している。さらに Bourgoïn らは 15-50 mM のフッ化物がヒト骨肉腫細胞である SaOs2 細胞の phospholipase D を活性化し、細胞内カルシウムの上昇を誘導することを報告している。

(2) ラット骨髄由来細胞の骨芽細胞分化へのフッ化物の影響

NaF の培養 4 日目の 2 日間曝露で、DNA の増殖は対照群に比べ 1nM NaF 群～1 μM NaF 群では差がなく、10 μM NaF 群～1mM NaF 群で有意に減少した。よって、RBM C の増殖は 10 μM NaF～1mM NaF の添加では抑制された。また、ALPase 活性は 10 μM NaF 群と 100 μM NaF 群で対照群に比べ有意に増加し、1 mM NaF 群は減少した。よって、RBM C の分化は 10 μM NaF～100 μM NaF の添加で活性化することが示唆された。さらに、細胞当たりの ALPase 活性は 10 μM NaF 群～100 μM NaF 群で対照群に比べ有意に上昇した。以上の所見から、フッ化物は RBM C の未分化な幹細胞の骨系細胞（骨芽細胞）への分化調節に関わっていることが示唆された。

(3) 成人歯肉由来細胞におけるフッ素の細胞膜通過性

成人歯肉由来の繊維芽細胞内フッ化物濃度は、フッ化物濃度 0 の培養液を基準とすると、細胞内フッ素濃度は 10ppm 群までは濃度依存的に上昇するが、20ppm 以上では上昇しなかった。この結果から本細胞は一定濃度以上のフッ素に対して膜通過抑制作用を示唆している。

(4) 歯のフッ素症の鑑別診断の可能性 各種エナメル斑を、デジタルカメラを用

いて画像解析を試みた結果、いずれのエナメル斑ともに健全部よりも明らかに白い傾向を示し、健全部よりも左方移動し健全部の境界は明瞭に区別された。健全歯の Gray 値の分布は、左右対称性の正規分布の様相を呈し数値情報 (Mean±SD) から健全部と白斑部の統計学的検定も可能であることが明らかとなった。各種エナメル斑を鑑別診断するための臨床基準ならびにアンケート調査、さらに上述した画像解析データの特徴や経時変化の情報を組合せることでより客観的な鑑別が可能になることが示唆された。

(5) 歯のフッ素症および非フッ素症エナメル斑、う蝕などの口腔内写真を使った審美性評価研究

歯のフッ素症については、一般主婦 1 名が Questionable を「問題あり、気になる」と評価したが、他の評価者は、Mild までを「問題なし」あるいは「問題あるが、気になるものではない」と評価していた。しかし Moderate 以上のグレードになると、多くが「問題あるが、気になるものではない」「問題あり、気になる」と評価していた。このことから、歯科大生、および一般主婦は、Moderate 以上の歯のフッ素症に対して審美的に問題があり、気になるものと判断し、Mild 以下の歯のフッ素症については、「問題なし」あるいは「問題があっても気になるものではない」と判断していることが示唆された。

(6) フッ化物の栄養所要量：乳児のフッ化物摂取量評価—水道水フッ化物濃度別試算—

乳児のフッ化物摂取量を飲料水フッ化物濃度別で試算した。母乳のフッ化物濃

度を 0.01ppm とした場合、母乳育児では 3-4 ヶ月 0.019mg/day (0.003mg/kg)、5-6 ヶ月 0.088mg/day (0.010mg/kg)、7-8 ヶ月 0.153mg/day (0.017mg/day)、次に人工乳においては、飲料水フッ化物濃度 0.6ppm では、3-4 ヶ月 0.606mg/day (0.082mg/kg)、5-6 ヶ月 0.568mg/day (0.068mg/kg)、7-8 ヶ月 0.622mg/day (0.068mg/kg)を示した。

(7) 幼児における食事からのフッ化物摂取量および水道水フッ化物濃度によるフッ化物摂取量の試算

幼児の食事からのフッ化物摂取量(陰膳法)の平均値は、Chowdhury らのニュージーランド低濃度地区(0.2-0.3ppmF)における 3-4 歳児の 0.15mg/day から Zohouri & Rugg-Gunn のイラン高濃度地区(4.0ppmF)における 4 歳児の 3.472mg/day までばらついてしたが、水のフッ化物濃度と食事からのフッ化物摂取量の平均値には強い相関が認められた。各文献値による回帰式から予測した 0.6ppm および 0.8ppmF 水使用時の食事からの平均フッ化物摂取量はそれぞれ 0.58mg と 0.73mg であった。三重県四日市市 (<0.16ppmF) の 3~5 歳児 94 人(陰膳法)での 1 日あたりの食事からのフッ化物摂取量の平均値(SD)は、各個人の居住区と調査当時の水道局の配水濃度データを照合した結果、年平均 <0.08ppmF 地区(40 人)の平均(SD)は 0.25 (0.14) mg、年平均 0.13ppmF 地区(54 人)は 0.32 (0.21)mg であった。また 0.6ppm および 0.8ppmF 水を使用した場合の飲食物からの一日あたりのフッ化物摂取量は、それぞれ 0.68mg と

0.82mg と試算された。

(8) 飲料水中フッ化物濃度が低濃度および中等度(約 0.6 ppm)地域におけるう蝕有病状況・歯のフッ素症発現状況および食事からのフッ化物摂取量(陰膳食法による)天然に約 0.6ppm のフッ化物を含む水道水が供給されている地区(F 地区)を一部に含む町(自治体)を対象に、中学生のう蝕有病状況および歯のフッ素症の発現状況と、飲料水中フッ化物、生活環境・習慣との関連性を評価した。う蝕有病状況は、F 地区に在住の F(C)グループで低い傾向にあり、その差は中学生全体で有病者率、1 人平均 DMF 歯数ともに有意であった。また、う蝕の有無を目的変数とするロジスティック回帰分析では有意な説明変数は居住地区のみであった。歯のフッ素症の発現状況は、F 地区に継続在住および 4 歳未満転入の F(F)グループで高い発現傾向にあったが、Dean 指標の「非常に軽度」までにとどまっており、地域フッ素症指数は 0.28 と境界域とされる値(0.4~0.6)より低く、歯のフッ素症の発現状況に問題はなかった。

当該地域に在住の小児における食事からのフッ化物摂取量(陰膳食法による)では、「主食、副食および飲み物」の摂取源別摂取量に関する年齢群別の比較では、「主食」由来の摂取量は 4~8 歳群、9~12 歳群ともに中等度地域で有意に多かったが、比較的高濃度のフッ化物を含む飲食物-「副食」では食材、「飲み物」では市販飲料-を低濃度地域で摂取されているなど、「副食」では 4~8 歳群、「飲み物」では 9~12 歳群で地域間に有意な差が認められなかった。

(9) 日本人における飲食物からのフッ化物摂取量に関する文献的考察

飲食物からの総摂取量は、成人では

1990年代以降の報告に限定すると0.90～1.28mgであった。また、乳児では、ドライミルクと乳児食品を摂取した場合0.09～0.27mg、幼児では1～4歳で0.23～0.27mg、5、6歳では0.30～0.38mgであった。乳幼児における総フッ化物摂取量は、諸外国の水道水フッ化物濃度調整が行われていない地域の摂取量とほぼ等しく、米国医学研究所食品栄養審議会がまとめた「Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride」における「Adequate intake」の約2分の1であった。

(10) 換気式微量拡散法による食品中フッ化物濃度測定

牛乳に標準液を添加したF⁻回収実験において、0.1ppm F⁻標準液の回収率は92%、0.5ppm F⁻標準液では86%、1.0ppm F⁻標準液では86%であった。拡散を4時間と長時間にわたって行ったにもかかわらず、回収率が低い一要因として、捕集液NaOHの規定度、量が不足であったことが考察された。また、各測定値のばらつきが大きく、その要因として、反応槽における攪拌の不均一さが考えられた。F⁻標準液の場合と牛乳にF⁻を添加した場合と、時間経過を追った(タイムリスポンス)回収率を比較した結果、標準液の場合、20分で約80%、1時間で100%の回収率であり、回収曲線の推移より、実際に100%回収率を示すのは約40分と見積もられた。一方、牛乳に標準液を混合した場合は1時間で57%、4時間でも92%の回収率であった。

D. 考察

1. フッ化物は生体必須元素の一つであ

るが、その化学的な性状から生体内では硬組織(骨・歯)によく反応する。したがって、医学的には治療を目的として骨粗鬆症にも適用されているが、骨の石灰化組織はカルシウムやホルモン代謝の影響が大きく左右しているため、無機フッ化物の単独投与の影響はその背景でみていかなければならないであろう。そのためには、細胞レベルすなわち骨および歯芽細胞のフッ化物に対する広範な濃度レベルにおける影響(細胞の増殖、分化、種々の酵素活性等)をDNAやタンパク質産生で検索する必要がある。

水道水フッ化物添加の影響は、添加されフッ化物が微量であり日常食品からのフッ化物摂取よりも低い濃度のこともある。したがって、世界的にみると総フッ化物濃度として0.7～1.2 mg/L(WHO推奨レベル)の範囲にある。骨組織におよぼすbenefits(有益性)またはrisk(障害性)を継続的に検証する長期間にわたる疫学的な研究展開が望まれる。

飲料水フッ化物濃度と齲蝕罹患に関する疫学的調査研究において「歯のフッ素症の診断基準」が種々の基準採用によって、フッ化物由来の歯のフッ素症とエナメル白斑との区別が曖昧となって正確な比較と精査が困難になりつつあり、国際共同によって「歯のフッ素症の鑑別診断基準」を再考する時期にきている。

2. フッ化物の栄養所要量は、現在、世界的な規模で進められている。すなわち、歯科疾患(齲蝕)の予防に用いられているフッ化物濃度レベル(0.7～1.2 mg/L)は、日常の食品からも摂取される微量のフッ化物に加えて、生涯を通してどのような有益性があるかということについ

て栄養学的な検証の対象となっている。

フッ化物の栄養所要量策定においてはわが国の食品からのフッ化物摂取状況を把握しておかなければならない課題がある。

フッ化物の局所応用（フッ化物歯面塗布、フッ化物洗口、フッ化物配合歯磨剤など）において、洗口・塗布・歯磨き時にわずかながら嚥下されて体内に摂取されるフッ化物も考慮した「フッ化物の一日総摂取量」を現時点でのフッ化物定量分析法に基づいて明らかにすることが本研究班の使命の一つでもあった。その結果としてフッ化物定量法の信頼性と妥当性を検証するとともに、わが国における乳児から幼児、児童における一日フッ化物摂取量を推定することが要請されていた。これに関連してフッ化物の栄養学的な観点からの「フッ化物の許容上限摂取量」の策定には、米国学術会議の提唱になる「歯のフッ素症発現防止のためのフッ化物摂取の上限基準値：UL (Tolerable Upper Intake Levels) 摂取許容量」と生涯を通した一日フッ化物適正摂取量 AI (Adequate Intake) があり、わが国においても研究成果によって資料が蓄積されつつある。米国における DRIs では、4つの設定基準によってフッ化物摂取量を年齢群別、性別、妊産婦に分類して記載している。その許容上限摂取量の基準設定のメルクマークは、審美的副作用としての歯のフッ素症、全身的副作用としての骨フッ素症である。この審美的副作用において歯のフッ素症では、Dean らの診断基準で判断している。疫学的調査研究も後ろ向きコホート研究を採用している。これは近隣の水道水フッ化物添加の影響

によるハロー効果やフッ化物配合歯磨剤、フッ化物錠剤の影響を可能なかぎり排除して、飲料水フッ化物のみの影響を正確に評価したいという背景があるようである。わが国においても天然フッ化物飲料水地区の疫学的研究も多数報告されており、診断鑑別を再精査して評価されることが望まれる。

年齢群別の飲食物からのフッ化物摂取量では(1)乳児(母乳と調製粉乳)、(2)幼児(3歳～6歳:陰膳食法と Market-basket 方式)においては試算推定が可能となっている。さらに水道水フッ化物濃度を考慮したフッ化物摂取量の見積もりも試算されつつある。しかしながら、今後の課題としては、食品分析の対象となる被験者の対象者数と地域分布を考慮した分析が必要である。さらに栄養素の観点からは日常食からのフッ化物摂取量の算定を容易にするためには国民栄養調査成績における食品群別のフッ化物含有量のデータベース作成が急がれる。

食品からのフッ化物摂取についてヒトを対象とした出納研究(国立健康・栄養研究所・西牟田)が種々のフッ化物摂取レベルでの知見の蓄積が進んでおり、他元素との影響も考慮したフッ化物代謝の様相が明らかにされるであろう。

3. 齲蝕予防のための生涯を通した水道水フッ化物添加法または水道水フッ化物濃度調整法 water fluoridation は、1945年に米国ミシガン州グランド・ラピズ市において1.0 mg/Lで開始されて以来、世界的にみると現在約60か国3億6千万人以上の人々に普及している。WHOは上水道水のフッ化物濃度の世界的な上限値を1.5 mg/Lとし(わが国の厚生労働

省の水質基準は 0.8 mg / L)、齶蝕予防を目的とした上水道フッ化物濃度を 0.7 ~ 1.0mg / L を推奨している。

フッ化物の至適濃度 (optimal fluoride concentration) の設定には、いくつかの要件がある。(1) 飲料水の天然フッ化物濃度の確認、(2) その地域の気温と気温による飲水量 (北緯または南緯の緯度) の確認、(3) 日常の飲食物からの年齢層別一日フッ化物摂取量の確認、(4) 地域フッ素症指数 (Community Fluorosis Index : CFI) の確認などである。すなわち、適正フッ化物摂取量に基づいた至適フッ化物濃度の設定である。

これまでの研究班の疫学調査では、天然飲料水フッ化物含有地区 0.6ppmF についてのう蝕有病状況と歯のフッ素症について (1) 対照群との比較ではう蝕罹患の低下傾向がみられること、(2) Dean の分類による歯のフッ素症の影響はほとんど見られておらず、これまでの天然フッ化物地区における疫学調査とほぼ一致している。また飲食物からのフッ化物摂取量は、0.5-0.6ppmF 地区在住の小児 (2-12 歳) の体重あたりのフッ化物摂取量は 0.024~0.027mg/kg であり、適正摂取量とされる 0.05mg/kg の 1/2 であり低値であったことが確認された。

今後は、フッ化物の栄養所要量における基準値策定が検討されるとともに、行政において早急に WHO の推奨する至適フッ化物濃度に関する検討が行われて、わが国の濃度設定の推奨が望まれるところである。

E. 結論

1. 全身の健康とフッ化物に関連して、骨芽

細胞などの骨形成細胞に対してアナボリックな作用を有することが明らかになっている。その細胞内シグナリングの仮説でとして、チロシンフォスファターゼを抑制する、または、fluoroalminate 錯体を形成することによって細胞内 Gi/o を活性化するというメカニズムが提唱されている。

2. 全身の健康とフッ化物: フッ化物はラット骨髄由来細胞 (RBMC) の未分化な幹細胞の骨系細胞への分化調節に関与していることが示唆された。

3. 成人歯肉由来の繊維芽細胞を用いてフッ化物の細胞膜通過性を検討した結果、細胞内フッ化物濃度は 10ppm では濃度依存的に増加するが 20ppm 以上で平衡となり、膜通過性抑制を示した。

4. 歯のフッ素症の鑑別診断の可能性

栄養所要量との関連できわめて重要となる「歯のフッ素症」診断基準の多種適用状況においては基礎診断精度の向上をはかるとともに、各種エナメル斑を鑑別診断するためには、画像解析のエナメル斑との区別と臨床基準ならびにアンケート調査によってより客観性が高まることが示唆された。

5. 歯のフッ素症、および非フッ素性エナメル斑、う蝕などの口腔内写真を使った審美性評価研究—歯科学生、一般主婦による評価—

歯科大生、および一般主婦は、Moderate 以上の歯のフッ素症に対して審美的に問題があり、気になるものと判断し、Mild 以下の歯のフッ素症については、「問題なし」あるいは「問題があっても気になるものではない」と判断していることが示唆された。

6. フッ化物の栄養所要量: 乳児のフッ化物摂取量—水道水フッ化物濃度別試算—

乳児のフッ化物摂取量を飲料水フッ化物濃度別で試算した。母乳のフッ化物濃度を 0.01ppm とした場合、母乳育児では 0.019mg/day (0.003mg/kg) ~ 0.153mg/day (0.017mg/day)、人工乳においては、飲料水フッ化物濃度 0.6ppm では、0.606mg/day (0.082mg/kg) ~ 0.622mg/day (0.068mg/kg)を示した。

7. 幼児におけるフッ化物摂取量の考察
では、飲料水および調理水を現況の含有率で 0.6ppmF と 0.8ppmF で試算した予測値は実測値より高くなる可能性が示唆され、調理水による蒸発など検討する必要があると認められた。

8. 飲料水フッ化物濃度が中等度地区のう蝕状況とフッ化物摂取量

わが国の水道水フッ化物添加に際しては基準値 (0.8ppm) 以内(0.7±0.1ppm) であってもある程度のう蝕減少を期待できることが示された。

9. 日本人における飲食物からのフッ化物摂取量に関する文献的考察

乳幼児期における総フッ化物摂取量は諸外国の水道水フッ化物濃度調整が行われていない地域の摂取量とほぼ等しく、米国医学研究所食品栄養審議会がまとめた DRIs による AI の約 1/2 であった。

10. 換気式微量拡散法による食品中フッ化物濃度測定 (第 2 報)

本装置はフッ化物の生体利用能を検討する上で *in vitro* 実験の有用な方法を提供することが示唆された。

以上の結果よりフッ化物の有効性と安全性に関して、フッ化物の健康への影響を分子生物学的レベルでの文献と実験での評価する端緒となった。さらに飲料水フッ化物濃度を基準値まで変化させた場合のフッ化物摂取量の推定値とその分散を見ていく必要が示唆された。栄養所要量に関連して、歯のフッ素症診断の誤差を明らかにすることにより齶蝕疫学結果の比較基準提示の可能性が開かれた。フッ化物の栄養所要量策定については検討資料が提供できる段階に達しており、今後さらに食品中フッ化物データの蓄積の進展、歯のフッ素症診断と疫学情報等を総合的に勘案して整合性を計ることが望まれる。

F. 研究発表

学会発表

1. Takaesu, Y., Maki, Y., Iijima, Y. : Reevaluation of dental fluorosis as fluoride biomarker, IADR 82nd General Session Program 0071, 10 March 2004, Hawaii.
2. Nohno, K., Sakuma, S., Koga, H., Nishimuta, M., Miyazaki, H. : , IADR 82nd General Session Program 3529, 13 March 2004, Hawaii.
3. 田中 栄 : 第 18 回日本整形外科学会基礎学術集会 (2003.10.16-17) 小倉 シンポジウム 1 関節軟骨変性の分子メカニズムから治療へ 「遺伝子導入を用いた軟骨再生」
4. Murakami T., Narita N., Nakagaki H., Shibata T., Goshima M., Robinson C.: Influence of tea

beverage consumption on fluoride intake in Japanese pre-school children. Caries Research, 37:292 2003.(50th ORCA Congress, Konstanz, Deutschland)

Project- 1 研究担当者

主任研究者

高江洲義矩 東京歯科大学
名誉教授

分担研究者

田中 栄 東京大学医学部
付病院整形外科講師
西牟田 守 国立健康・栄養研究所
栄養所要量研究部室長
古賀 寛 東京歯科大学
衛生学助手

協力研究者

川瀬 俊夫 神奈川歯科大学
歯科生体工学教授
小林 清吾 日本大学松戸歯学部
衛生学教授
平田 幸夫 神奈川歯科大学
社会歯科学教授
筒井 昭仁 福岡歯科大学
口腔保健学助教授
佐藤 勉 日本歯科大学
衛生学助教授
板井 一好 岩手医科大学医学部
衛生公衆衛生学助教授
村上多恵子 愛知学院大学歯学部
口腔衛生学講師
佐久間汐子 新潟大学歯学部医歯
学総合研究科講師
中村 宗達 静岡県東部健康福祉
センター技監

Project-2 フッ化物局所応用の予防技術検討と開発

初期う蝕の診断、予防管理とフッ化物応用：

分担研究者 中垣 晴男 愛知学院大学歯学部口腔衛生学講座 教授

分担研究者 眞木 吉信 東京歯科大学衛生学講座 教授

研究要旨：平成 15 年度、Project2「フッ化物局所応用の予防技術検討と開発」に関する実験調査研究として、次の 3 テーマについて研究活動を行った。初期う蝕の診断に関する調査研究として、①初期う蝕診断の可能性について、レーザー光あるいは可視光関連の機器に限定して文献的検索ならびに検討を行った。また、実験研究として②第一大臼歯咬合面における臨床的に健全と診断されるものが、どのような値の経時的な変化を示すかレーザー光蛍光法を用いて値の推移を検討した。③GIC（ガラスイオノマーセメント）より歯垢中に遊離されたフッ化物が、離れた部位の初期脱灰エナメル質の再石灰化を促進するかどうかを検討した。その結果①初期う蝕診断の可能性では、レーザー光あるいは可視光関連の機器に関して、これら機器の長所・短所を熟知して活用するならば、探針による触診に替わって診査部位を科学的に探査し画像データあるいは数値データから初期う蝕の検出と評価は可能であると判断された。②DIAGNOdent 値は経過月数では有意差は見られず、小窩の部位で差があり、遠心小窩の増加が大きく、中心窩に比べ、近心窩、遠心窩で増加しており、臨床的に健全と診断された第一大臼歯咬合面の小窩のレーザー光蛍光法の値の変化に差があると結論された。③GIC を充填した実験群の底部の歯垢はフッ化物濃度の上昇が有意にみられ、ミネラル喪失量は対照群と比べ有意に少なく、充填物に近いほど ΔZ は有意に少なかった。このことより、GIC より遊離したフッ化物が、歯垢内に入り込み供給材料より離れたところにある脱灰エナメル質の再石灰を促進することがわかった。

A. 研究目的

近年、再石灰化の機構が明らかになるにつれて、初期う蝕病変は進行を停止したり回復したりする動的なものと考えられるようになった。これらの状況の変化により、初期う蝕診断の場においては、エナメル質の表層下脱灰の状態、すなわ

ち、う窩を形成していない状態である初期う蝕を診断し、進行を止めたり、再石灰化を促進することができるため、より有用性の高い診断法とその基準が求められている。

現在のう蝕診断法は次のように大別される。

①視診

- ・ 肉眼視診
- ・ 拡大視診
- ・ 歯間離開視診

②触診

③装置による診断法

- ・ X線診断法（咬翼法X線写真、デジタルX線写真、コンピュータ支援X線写真）
- ・ 電気抵抗値測定法（EML, ECM）
- ・ 定量ファイバー光透過法（FOTI）
- ・ レーザー光蛍光法
- ・ 定量光誘導蛍光法（QLF）
- ・ 超音波診断法

そこで、平成15年度のProject2「フッ化物局所応用の予防技術検討と開発」では、実験・調査研究として、「初期う蝕の診断、予防管理とフッ化物に関する研究に関する調査研究」として、①初期う蝕診断の可能性について、レーザー光あるいは可視光関連の機器に限定して文献的検索ならびに検討、②第一大臼歯咬合面における臨床的に健全と診断されるものが、どのような値の経時的な変化を示すかレーザー光蛍光法を用いて値の推移の検討、③GIC（ガラスアイオノマセメント）より歯垢中に遊離されたフッ化物が、離れた部位の初期脱灰エナメル質の再石灰化を促進するかどうかの検討の3項目を目的とした。

B. 研究方法

1. 初期う蝕診断の可能性

疫学的な応用可能性（利便性、安全性等）を考慮し、レーザー光あるいは可視光関連の機器に限定して文献的検索ならびに検討を行った。機器の特徴を理解す

ることが検出と評価が可能かの回答になると考え、指摘されている長所・欠点を整理した。

2. 視診で健全な第一大臼歯咬合面のレーザー光感光値 DIAGNOdent®の推移

歯科医院に来院した7歳0か月から7歳11か月で第1第一大臼歯が萌出しており、治療および肉眼的に実質欠損を伴うう蝕のない16名を対象とした。測定は、ロビンソンブラシのみで咬合面を清掃し、水で洗浄を行ないエアにて乾燥した。測定は近心小窩、中心小窩、遠心小窩ごとに、レーザー光蛍光法（Kavo DIAGNOdent®）を用いて行い、最高値をそれぞれの小窩の値とした。測定は2名の歯科衛生士で、キャリブレーションを行った後に実施した。ベースライン時とその後の再来院時に測定を行い、複数回測定が行われているものは最も経過月数の長いものを分析に用いた。分析は、ベースラインからの経過月数が対象者により異なるため、1) 1-6か月、2) 7-12か月、13-18か月、3) 上下顎、4) 左右側、5) 小窩の部位（近心窩、中心窩、遠心窩）の4因子とし、ベースラインからのDIAGNOdent値の変化について4元配置分散分析を行った。

3. GICよりプラーク中に遊離したフッ化物と脱灰エナメル質の再石灰化

Robinson et al. (1997) が開発した歯垢堆積装置の基底部エナメル質半分人工初期脱灰とそれと接触しないように規格化した直径0.8mmの円形窩洞を形成し、窩洞内にはフッ化物の供給源としてガラスアイオノマセメントを充填したものを実験群、一方リン酸亜鉛セメントで充填したものを対照群とした。

歯垢堆積装置を同意の得た成人ボランティア（計 15 名 年齢 22~27 歳）の上顎第一大臼歯にクラスプを用いて装着、1 週間の歯垢形成期間を経た後、装置を口腔内から撤去回収した。実験群および対照群においてこの操作を繰り返し実験群 15 個、対照群 15 個のサンプルを得た。歯垢を表面から 150 μ m ずつ 6~7 層に分離して、各分画の F および P 量を Kato et al. (1997) の方法を用いて測定した。統計有意差は層別に Student's t-test を用いた。

また、再石灰化量の測定のためにマイクロラジオグラフィ撮影（CMR III SOFTEX 社 20min 3mA 20 Kv）を行い、充填物からの距離別に人工初期脱灰部のミネラル喪失量 ΔZ と脱灰の深さ $Ld(\mu m)$ を測定した。得られたデータより 1 元配置分散分析により再石灰化の有意差を検定した。

C. 研究結果

1. 初期う蝕診断の可能性

最近報告されてきた研究内容から理解される初期う蝕検出機器の診断特性は次のように要約された。QOL の主な長所は①QLF によって病変の経時変化を追うこと（モニタリング）が可能、②QLF の減少変化は病変のミネラル変化に関連している、③QLF によって病変のミネラル変化を *in vitro*, *in situ*, *in vivo* でモニタリングが可能、④脱灰を抑制し、再石灰化を促進する歯科用製品の評価にも応用可能、⑤ハイリスク児のモチベーションを喚起するのに効果的、⑥シーラント処置前後のう蝕の状態を評価することが可能などであった。欠点は①乾燥の有無によって計測蛍光値が影響を受ける②隣接面

の観察には難点③脱灰病変の深さが $>800 \mu m$ の場合は、蛍光強度の減少とは直線関係にない。深い病変での脱灰—再石灰化を定量するのは不適切などであった。また、DIAGNOdent の長所は①20 以上の値は、象牙質う蝕を意味することを 95% 前後の正確さで診断できる、②病変の存在を示唆するだけでなく、小窩裂溝で測定用チップを動かすことによって病変の進展方向をも示唆する、③小窩裂溝の位置ごとの値の変動は、病変の方向を示唆するなど、欠点は①小窩裂溝内に有機質沈着（organic plug）があると異常値を示すことがある、②診査者間の繰り返し精度は、エナメル質の厚さ 1/2 を超え、エナメル質内に限局するう蝕の場合、0.65 と決して高くない、③う窩を形成していないう蝕の場合、レーザー光は深部まで到達しにくく、浅在性象牙質う蝕と深在性を識別することには不向きであるなどであった。

2. 視診で健全な第一大臼歯咬合面のレーザー光感光値 DIAGNOdent® の推移

DIAGNOdent 値の変化の平均値は近心窩 2.75 ± 0.70 、中心窩 0.81 ± 1.12 、遠心窩 4.61 ± 1.12 であった。分散分析で、値の変化に有意差が見られたのは小窩の部位（近心窩、中心窩、遠心窩）で ($p < 0.001$)、Scheffé 検定の結果、中心窩に比べ遠心窩の値の増加が大きかった ($p < 0.01$)。また、中心窩に比べ近心窩の増加が大きかった ($p < 0.001$)。上下顎、左右側、経過月数の因子では有意な差が見られなかった。

3. GIC よりプラーク中に遊離したフッ化物と脱灰エナメル質の再石灰化

実験群において底部の歯垢には有意にフッ化物濃度の上昇がみられた。リン酸量の分布についてはどの部位に置いても有意差

は見られなかった。一方、実験群のミネラル喪失量は対照群のミネラル喪失量と比べ有意に少なかった。充填物の距離別では実験群については充填物に近いほど ΔZ は有意に少なかった。対照群では差は見られなかった。

D. 考察

1. 初期う蝕診断の可能性

初期う蝕の診断という概念には、検出ならびに評価という内容が含まれるが、特に臨床と疫学調査の場面ではその主な目的が異なる。すなわち、前者の場合、初期う蝕の早期検出に加え、むしろ評価に重点がおかれている。検出された初期う蝕の特徴である脱灰病変が脱灰進行性であるか、進行停止しているか、回復しているのかプロセスに関する医療判断が必要である。その結果が、最終的に治療介入すべきか否かを決定することになる。と同時に実施する処置が功を奏しているかの評価を定期リコール時に行うことになる。早期検出と検出された病変がどのプロセスにあるのかを医療判断し、治療法を決定する過程までを含むことを意味する。一方、疫学調査では特に調査時点での疾患量の把握を目的とし follow up を行わない場合、いかに感度高く疾患を検出するかに力点がおかれる。

発現した初期う蝕が示す3つの反応様式である進行、停止、回復は、局所の口腔内環境に由来する脱灰 - 再石灰化バランスを反映した結果である。したがって、初期う蝕診断機器は、直接的あるいは間接的に脱灰 - 再石灰化のバランスをいかに評価できるかが重要な鍵である。

初期う蝕の発現は臨床的には脱灰性白斑として色調の変化として把握できる。回復によって色調も健全歯とほぼ同様のまで改善を示す。この特徴は画像データとして脱灰性白斑を認識できることが診断と関連する大切な条件となる。また、歯質自体ならびに歯垢・歯垢代謝産物は、光エネルギーの影響によって蛍光を発する性状を有する。歯質・歯垢・歯垢の代謝は初期う蝕の発現と関連性の強い事項である。この性状を利用し蛍光強度を計測することで、初期う蝕病変の存在ならびに3つの反応様式を数値データとして把握する技術が診断機器に応用されている。

2. 視診で健全な第一大臼歯咬合面のレーザー光感光値 DIAGNOdent®の推移

昨年、平均約8歳の第1大臼歯において近心窩に比べ中心窩、遠心窩のDIAGNOdent 値が高いことを報告したが、今回のベースラインデータでは中心窩が最も高い値となった。しかし、最終調査時のデータは昨年と同じく近心窩に比べ中心窩、遠心窩の値が最も高くなっており、この差が今回の遠心窩の値の増加によりもたらされたものと考える。今後さらに長期の変化を捉えることにより小窩ごとの歯質の成熟の挙動を明らかにできるものと考える。

3. GIC よりプラーク中に遊離したフッ化物と脱灰エナメル質の再石灰化

歯垢中のフッ化物濃度分布プロファイルは基底面に近づくに従い濃度が上昇しており、その由来は基底部がフッ化物の供給源（ガラスイオン促進することがわかった。オノマセメント）であることを思

わせた。そして遊離したフッ化物が、歯垢内に入り込み供給材料より離れたところにある脱灰エナメル質の再石灰を促進することがわかった。すなわち今回の結果により歯垢に遊離したフッ化物イオンが、歯垢内に停滞し fluoride reservoir として、再石灰化の可能性が示唆された。

E. 結論

平成 15 年度、Project2「フッ化物局所応用の予防技術検討と開発」に関する実験・調査研究として、①初期う蝕診断の可能性、②視診で健全な第一大臼歯咬合面のレーザー光感光値 DIAGNOdent®の推移、③GIC よりプラーク中に遊離したフッ化物と脱灰エナメル質の再石灰化の 3 テーマについて研究活動を行った結果、次の結論を得た。

1. 初期う蝕診断の可能性では、レーザー光あるいは可視光関連の機器の長所・短所を熟知して活用されるならば、探針による触診に替わって診査部位を科学的に探査し画像データあるいは数値データから初期う蝕の検出と評価は可能であると判断された。

2. 視診で健全な第一大臼歯咬合面のレーザー光感光値 DIAGNOdent®の推移では、第 1 大臼歯の近心、中心、遠心小窩の値は遠心小窩の増加が大きく、中心窩に比べ、近心窩、遠心窩で増加しており、臨床的に健全と診断された第一大臼歯咬合面の小窩のレーザー光蛍光法の値の変化には差があると結論された。

3. GIC よりプラーク中に遊離したフッ化物と脱灰エナメル質の再石灰化の今回の研究より、GIC を充填した実験群の底部の

歯垢はフッ化物濃度の上昇が有意にみられた。ミネラル喪失量は対照群と比べ有意に少なく、充填物に近いほど ΔZ は有意に少なかった。以上より GIC より遊離したフッ化物が、歯垢内に入り込み供給材料より離れたところにある脱灰エナメル質の再石灰を促進することがわかった。

F. 学会発表

なし

研究協力者

飯島 洋一	長崎大学大学院 医歯薬総合研究科助教授
稲葉 大輔	岩手医科大学歯学部 予防歯科学助教授
村上多恵子	愛知学院大学歯学部 口腔衛生講師

協力者

森田 一三	愛知学院大学歯学部 口腔衛生学講座 講師
山本 恭子	愛知学院大学歯学部 口腔衛生学講座

project-2 フッ化物局所応用の予防技術検討と開発

フッ化物応用マニュアルの作成に関する研究

1. フッ化物歯面塗布マニュアル
2. フッ化物配合歯磨剤の応用マニュアル

分担研究者 中垣晴男 愛知学院大学歯学部口腔衛生学 教授

分担研究者 眞木吉信 東京歯科大学衛生学 教授

研究要旨：日本におけるフッ化物応用の普及の遅れが、欧米先進諸国に比べて高い齲蝕罹患率を示していることは、多くの研究報告が実証しているところである。そこで、本研究課題では齲蝕予防のためのフッ化物応用マニュアルの作成により、医療保健関係者と一般住民に対するフッ化物応用の普及を目指してきた。この一環として昨年度は、「齲蝕予防のためのフッ化物洗口実施マニュアル」を作成・出版した。本年度はさらに「フッ化物歯面塗布マニュアル」と「フッ化物配合歯磨剤の応用マニュアル」を作成するために、その内容の構成と予防効果に関する詳細なデータの収集を行った。

「フッ化物歯面塗布マニュアル」の作成においては、ライフステージにおけるフッ化物歯面塗布の意義をよく考慮し、より広汎で標準的な内容を掲載すべきである。そのために、全国的にどのようなフッ化物歯面塗布の術式や塗布剤が用いられているかという情報が必要である。マニュアルを作成するに当たっては、60年代に出された「フッ化物歯面局所塗布実施要領」を十分尊重することが基本であり、それを補足するような新時代に対応したものとすべきであると考えた。

フッ化物配合歯磨剤の応用歴史は古く、多くの人口に利用されていることから、国内外のう蝕減少の大きな要因の一つに挙げられ、世界的にみてもう蝕予防に対する貢献度がもっとも大きいフッ化物応用であると評価されている。また、使用方法によりう蝕予防程度が大きく変動することから、使用量、応用時期、応用後の処理の方法などに関し「マニュアル」を作成し、健康教育や患者指導に利用することが必要であると思われた。

A. 研究目的

フッ化物歯面塗布に関して、昨年度は、「フッ化物歯面局所塗布実施要領」¹⁾ および1994-2002年までに刊行されたフッ化物応用に関する5つの専門書^{2, 3, 4, 5, 6)}に記載されたフッ化物歯面塗布に関する事項について検討し、フッ化物歯面塗布には、かつて存在した技法の中でも最近では見かけなくなったものがあり、また、

最近になって用いられるようになった技法があること、すなわち、フッ化物歯面塗布の技法は、かつては綿球法およびトレ法が主流であったが、最近では、トレ法についての記載が略記ないし省略される傾向にあり、歯ブラシ法の紹介に重点が移ってきていることを確認した。その結果、フッ化物歯面塗布に関する技法については、歯ブラシ法を含めた新たな

な「指針」あるいは補足的な「説明」を出すことについて、さらに検討を行ってもよいのではないかという結論に到った⁷⁾。そこで、本年度は、あるべきマニュアルについて企画し、残された課題を整理し、フッ化物歯面塗布マニュアルを作成する前段階としての準備を行うこととした。

また、国内外で最も普及しているフッ化物応用はフッ化物配合歯磨剤であるが、フッ化物全身応用を実施している地域における乳幼児の不用意なフッ化物配合歯磨剤の飲み込みは歯のフッ素症発現のリスクの1つである。一方、使用方法によりう蝕予防効果が左右されるという事実も証明されている。わが国では、使用に関する基準はなく、個人の裁量に任されていることが多い。しかも、将来においてフッ化物応用がさらに普及し多重応用されることが予測されるため、危険性低下と効果上昇の点から、使用方法に関する目安づくりが必要である。したがって、昨年度の研究成果を踏まえて、安全で効果的なフッ化物配合歯磨剤のフッ化物濃度に関する情報と研究成果をレビューし、フッ化物配合歯磨剤指導マニュアル作成の資料とすることを目的とした。

B. 研究方法

前回の報告に基づき、研究者においてフッ化物歯面塗布マニュアル作成の必要性を再確認した。

研究者の一人（可児）がマニュアルの目次案（資料1）を提示し、それに基づいて検討を進めた。また、別の研究者（眞木）が最近発表した論文⁸⁾の一部（資料2）を参照した。これら2つの資料に基

づいて、同マニュアル作成の構成案を作成し、また、作成の方向性を示すこととした。

「フッ化物配合歯磨剤の応用マニュアル」については、昨年の研究に引き続き、以下の点に関する国内外の情報と研究成果をレビューし、マニュアル内容の構成を考えることとした。

1. う蝕予防に有効なフッ化物濃度
2. 有効で安全な使用方法に関する因子
3. 推奨されるフッ化物配合歯磨剤の使用方法

C. 研究結果

図1に、資料1によるフッ化物歯面塗布マニュアルの構成案を示した。また、図2に、資料2によるフッ化物歯面塗布に関する部分の見出しを示した。

昨年度と今年度の研究により、推奨されるフッ化物配合歯磨剤の使用方法を次のように提示するものである

フッ化物配合歯磨剤のライフステージに応じた応用方法とフッ化物濃度について、以下のような暫定案を作成した。

- ・1日に2回以上フッ化物配合歯磨剤を使用する
- ・就寝前の歯磨きはできるだけ就寝直前に行い、必ずフッ化物配合歯磨剤を使用する
- ・6歳以上になれば次のような手順でフッ化物配合歯磨剤を使用することを推奨する。
 - ①適量の歯磨剤を歯ブラシにとり歯面全体に広げる
 - ②歯磨きを開始し、途中での歯磨剤と唾液の懸濁物の吐き出しは最小限にとどめる
 - ③歯磨きが終了したら少量の水を口に含み3~4秒間の洗口を1~3回行う

④終了後は2時間程度飲食を控える

また、各年齢段階に応じて、フッ化物配合歯磨剤の使用方法を次のように変化させることを推奨する。

(1)上顎前歯部の萌出が開始したらフッ化物配合歯磨剤の使用を開始する

- ・この時期は寝かせ磨きで保護者がすべての歯を磨くため、少量使用が可能である950ppmF濃度のフォーム状フッ化物配合歯磨剤が奨められる
- ・歯磨剤量はシングルブラッシングの場合には0.1g程度以内(萌出乳歯数により変化させる)とし、シングルF法によるダブルブラッシング法も利用できる
- ・いずれにしても終了後にはフォーム状フッ化物配合歯磨剤の残余物を軽くふきとる

(2)3歳になったらペースト状フッ化物配合歯磨剤の使用を開始する

- ・この時期は、子どもが練習磨きをしてから保護者が仕上げ磨きをするため、その両方でフッ化物配合歯磨剤を使用する
- ・ただし、歯磨剤を飲み込まずに歯磨きができ、終了後に洗口できる能力が備わった子どもに限定し、かつ仕上げ磨きは対象児を立たせてを行う場合に限るものとする
- ・歯磨剤量はエンドウ豆大(0.25g)を目安に保護者が歯ブラシ上に準備する
- ・歯磨剤のフッ化物濃度は、フッ化物曝露を考慮し、500~1,000ppmF程度とする
- ・歯磨き途中の吐出は自由にさせ、終了後に10~15ml程度の水を口に含み、1~3回の洗口をする

(3)6歳になれば自分で歯ブラシにフッ化物

配合歯磨剤をつけて自分でみがく

- ・歯磨剤量はエンドウ豆大(0.25g)以上を目安とする
 - ・歯磨剤のフッ化物濃度は1,000ppmF程度とする
 - ・歯磨き終了後は15~20ml程度の水を口に含み、1~3回の洗口をする
- (4)大人も含めて12歳以上になれば0.5g以上のフッ化物配合歯磨剤を使用する
- ・歯磨き終了後は20~25ml程度の水を口に含み、1~3回の洗口をする
 - ・これらの他は6歳以上児を同様とする

また、表1は歯の萌出時期である6ヶ月から2歳までの応用方法を含む、フッ化物配合歯磨剤の年齢別応用法とフッ化物イオン濃度および洗口その他の注意事項をわかりやすく示したもう一つの例である。WHOや米国では3歳未満のフッ化物配合歯磨剤の応用を推奨していないが、スウェーデンではこれまでの生後6ヶ月からのフッ化物錠剤の服用に代えて、500ppmのフッ化物配合歯磨剤の使用を推奨し始めたところである。全身的応用の全くない日本においても、歯の萌出直後からの低濃度フッ化物配合歯磨剤(500ppm、ただし100ppmなど500ppm未満の濃度のフッ化物配合歯磨剤には齲蝕予防効果が認められていない)の応用が積極的に推奨されるべきである。

フッ化物配合歯磨剤の応用マニュアルの内容構成案を表2に示した。

D. 考察

資料1と資料2を比較したとき、互い

に重なる部分と、そうではない部分があった。

重なる部分としては、資料1および資料2それぞれにおいて、「第1章 4 手技としての実施方法」と「(3) フッ化物歯面塗布の術式」, 「第1章 5 フッ化物歯面塗布剤」と「(2) フッ化物歯面塗布溶液とゲルの種類」, 「第2章 1 う蝕予防効果」と「(6) フッ化物歯面塗布のう蝕予防効果」, および「第3章 2 フッ化物歯面塗布の集団応用」と「(4) フッ化物歯面塗布の集団応用」であった。

資料2における「(1) 効果的な塗布時期」は、単にフッ化物歯面塗布のう蝕予防効果を示すだけでなく、ライフステージにおけるフッ化物歯面塗布の使用方を示したものとして意義がある。これは、資料1における「第1章 1 口腔保健とフッ化物歯面塗布 および 2 対象者 (う蝕ハイリスク児への対応, 成人の根面う蝕への対応)」と一部重なるものと考えられるので、マニュアル作成においては、その意義をよく考慮すべきであると考えられる。

マニュアルは、より広汎で標準的な内容を掲載すべきである。全国的にどのようなフッ化物歯面塗布の術式や塗布剤が用いられているかという情報が今後は必要であろう。

わが国におけるフッ化物配合歯磨剤使用状況も市場占有率においては先進国レベルに近づいた。今後は個人の裁量に任されていたフッ化物配合歯磨剤の使用方の目安をマニュアルとして提示することにより、安全性と有効性を高めることが必要であると思われる。そのために、とくに日本人の

子どもがどのように歯磨剤を使用しているかなどの現状調査を踏まえて、指導マニュアルを完成させる必要がある。

E. 結論

「フッ化物歯面塗布マニュアル」を作成するに当たっては、60年代に出された「実施要領」を十分尊重することが基本であり、それを補足するような新時代に対応したものとする。

フッ化物配合歯磨剤の応用歴史は古く、多くの人口に利用されていることから、国内外のう蝕減少の大きな要因の一つに挙げられ、世界的にみてもう蝕予防に対する貢献度がもっとも大きいフッ化物応用であると評価されている。また、使用方法によりう蝕予防程度が大きく変動することから、使用量、応用時期、応用後の処理の方法などに関しマニュアルを作成し、健康教育や患者指導に利用することが必要である。

F. 文献

- 1) 厚生省医務局歯科衛生課: 第2編 弗化物歯面局所塗布実施要領, う蝕予防と弗素, 63-80, 東京, 1966.
- 2) 可児徳子: フッ化物歯面塗布法, 口腔保健のためのフッ化物応用ガイドブック (日本口腔衛生学会フッ素研究部会編), 27-33 頁, 口腔保健協会, 東京, 1994.
- 3) 可児瑞夫監修: これ一冊でわかるフッ化物の臨床応用, 44-50 頁および 71-75 頁, 別冊歯科衛生士, クインテッセンス, 東京, 1997.
- 4) 可児徳子: フッ化物歯面塗布, フッ化物応用と健康-う蝕予防効果と安全性- (日本口腔衛生学会フッ化物応用研究委